This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

TP
271
G3

Mittheilungen

über die

theoretische Bewerthung und practische Untersuchung der Sprengstoffe

nach einem

bei der Hauptversammlung des Sächsischen Ingenieurvereins gehaltenen Vortrage

von

Max Georgi,

Bergverwalter am Königl. Steinkohlenwerke zu Zaukerode.

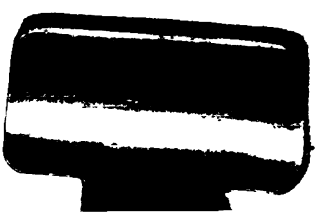
Hierzu eine Tafel.

Freiberg.
Druck von Ernst Mauckisch.
1887.

YC 18442

Explosives

REESE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
Received Dec. , 1889
Accessions No. 39664 Shelf No.



Mittheilungen

über die

theoretische Bewerthung und practische Untersuchung der Sprengstoffe

nach einem

bei der Hauptversammlung des Sächsischen Ingenieurvereins gehaltenen Vortrage

von

Max Georgi,

Bergverwalter am Königl. Steinkohlenwerke zu Zauckerode.

Hierzu eine Tafel.

Freiberg.
Druck von Ernst Mauckisch.
1887.

TP271
G3

39664

A. I. L.

REESE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Bevor wir zum eigentlichen Thema übergehen, scheint es nothwendig, überhaupt theoretisch festzustellen: „Was ist ein Sprengstoff?“ Am leichtesten gelangen wir zu einem Einblick in sein Wesen, wenn wir ihn vergleichen mit einem Kraftreservoir, etwa einem geheizten Dampfkessel, einem hochgelegenen Wasserbassin. Was dort der Dampfdruck, das Gefälle ist, das ist hier die Affinität der nebeneinander gelagerten, theilweise lose gebundenen Atome, was dort die Eröffnung des Ventils, des Schützens, das bedeutet hier ein geringer Aufwand von Wärme, von Kraft, wie dort aus dem Gefälle die Geschwindigkeit, so ergiebt sich hier aus der chemischen Verwandtschaft der Grad der Verbindungsintensität, die Brisanz. So ist ein Sprengstoff ein Stoff oder Stoffgemenge, in welchem in gedrängtester Gestalt mechanische Arbeit gebunden (latent) aufgespeichert ist.

Das Wesen der Brisanz wurde bereits angedeutet. Man unterscheidet brisante und wenig brisante Sprengstoffe, ohne daß allerdings der Unterschied irgendwie theoretisch durch eingeführte Maße präcisirt wäre, nach der Geschwindigkeit, mit welcher die Atome bei der Explosion ihre Umgruppirung gleichsam aus dem labilen Gleichgewichte in die Ruhelage ausführen.

Es würde mich zu weit führen, eine ausführlichere Beschreibung selbst nur der hauptsächlichsten Sprengstoffe zu geben; ich halte indeß einen kurzen Ueberblick über die chemische Zusammensetzung derselben für ganz zweckmäßig.

Man unterscheidet bekanntlich zwei große Gruppen, die Schwarzpulvermischungen und die Nitroverbindungen, jene von geringerer, diese von hoher Brisanz. Es braucht nicht hervorgehoben zu werden, daß unter den verschiedenen Schwarzpulvermischungen das Gemenge von Kohle, Schwefel und Kalisalpeter das weitaus größte Feld behauptet hat.

Die Nitroverbindungen sind sämmtlich charakterisirt dadurch, daß die sogenannte Nitrogruppe NO_2 die Rolle des Sauerstoffträgers spielt. Sie sind mehr oder weniger wirkliche chemische Verbindungen, entstehend bei der Einwirkung von concentrirter Salpetersäure auf gewisse organische Körper. Es erfolgt hierbei ein Austausch in dem Sinne, daß aus der Salpeter-

säure das einwerthige Radical NO_2 an Stelle des aus jenen Verbindungen ausscheidenden Wasserstoffs tritt nach Maßgabe der Formel

$$(R)\ H + \left.\begin{matrix} H \\ NO_2 \end{matrix}\right\} O = \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O + NO_2\ (R).$$

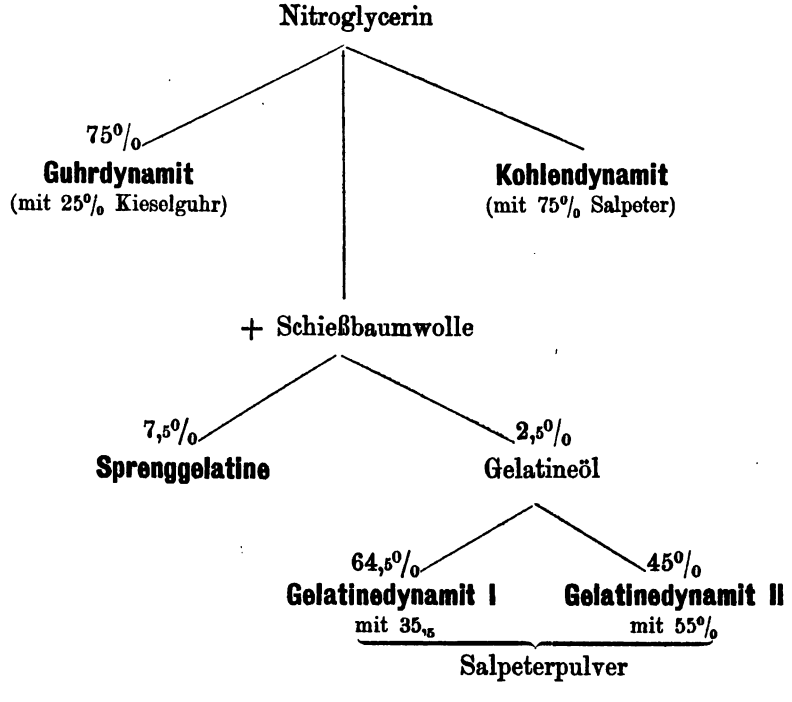
Das hierbei gebildete Wasser wird bei der Fabrikation in der Regel sofort durch beigemischte Schwefelsäure gebunden. Da aber z. B. bei Glycerin 1 bis 3, bei Cellulose 1 bis 6 Wasserstoffatome durch die Nitrogruppe ersetzt werden können, während nur die dreifach nitrirten Produkte den höchsten Sprengwerth besitzen, so leuchtet ein, wie wichtig für die Fabrikation die Einhaltung gewisser der Entstehung dieser letzteren Produkte günstiger Bedingungen, wie z. B. einer bestimmten Temperatur und Nitrirungsdauer ist, und wie anderenfalls je nach dem verschiedene Produkte entstehen können.

Die grundlegenden Sprengstoffe aus der Klasse der Nitroverbindungen sind demnach folgende:

Trinitroglycerin = „Sprengöl“,
Trinitrocellulose = „Schießbaumwolle“,
Trinitrophenol bez. — benzol.

Die reine Schießbaumwolle hat für bergtechnische Zwecke nur untergeordnete Bedeutung erhalten, um so größere aber in ihrer Verbindung mit Nitroglycerin, der Sprenggelatine, welche die Grundlage der modernen Sprengstoffindustrie geworden ist.

Ein Stammbaum, wie folgt, wird über die Entwickelung der Familie der Dynamite den gewünschten Ueberblick geben.



Zur Erläuterung des Stammbaumes füge ich folgenden Abriß einer historischen Entwickelung hinzu.

Nachdem das reine Nitroglycerin durch verschiedene Unglücksfälle, die man seiner Flüssigkeit, seiner Empfindlichkeit gegen Schläge zuschrieb, sich wenigstens für Europa unheimlich gemacht, versuchte man die Flüssigkeit zu bannen durch Aufsaugstoffe. Dieselben waren zweierlei Art, nämlich explodirende oder nicht explodirende. Man erhielt so Dynamite mit aktiver und inaktiver Basis.

Als inaktive Basis erwies sich nach Nobels Versuchen am günstigsten bekanntlich die Kieselguhr; sie vermag 75% Nitroglycerin recht gut aufzunehmen. Mehr setzt man im Allgemeinen nicht hinzu, weil sonst Wiederabscheidungen eintreten können, man stellt aber auch keine Guhrdynamite von geringerem Gehalte her, weil dann die inaktive Basis merklich nachtheilig auf Sprengerfolg und Sprenggase zu wirken beginnt (vergl. Folgendes).

Die Dynamite mit aktiver Basis enthielten ein schwarzpulverähnliches Zumischpulver. Da dasselbe nur durch die Kohle aufsaugend wirkt und der Gehalt davon, wie wir später sehen werden, nur ein verhältnißmäßig kleiner sein darf, so konnte auch der Gehalt an Nitroglycerin nicht groß sein. Damit war diesen an und für sich rationeller zusammengesetzten Dynamiten von vornherein eine untergeordnete Rolle zugetheilt, diejenige nämlich minderkräftiger Sprengstoffe.

Es wurde hierin erst Wandel geschaffen durch die von Nobel gemachte Erfindung der Sprenggelatine. Wie der Stammbaum angiebt, erhält man mit $7{,}5\%$ Schießbaumwolle die Sprenggelatine, einen kautschuckartigen homogenen Körper, mit $2{,}5\%$ Schießbaumwolle das Gelatineöl, wie der Name sagt, ein Oel, aber von solcher Dickflüssigkeit, daß man daraus Dynamite mit aktiver Basis von nahezu beliebiger Sprengkraft herstellen kann. Es sind dies die sogenannten Gelatinedynamite.

Gegenüber der soeben geschilderten vielgegliederten Entwickelung der Dynamite ist die Thatsache zu konstatiren, daß Amerika daran nicht Theil genommen, sondern wie anderweit sich auch hierin absonderlich entwickelt hat. Dort ist noch heute das Nitroglycerin der Sprengmittel non plus ultra, aber in gefrorenem Zustande (vergl. Makuz, österreichische Zeitschrift 1882, Dr. Böckmann, über Sprengstoffe).

Neben den soeben kurz gekennzeichneten Dynamiten giebt es noch eine große Anzahl anderer Dynamite, die entweder anders geartete Zumischpulver enthalten oder eine Mischung mit anderen Nitroverbindungen darstellen. Ich kann mich darauf nicht weiter einlassen. Dagegen möchte ich noch mit einigen Worten derjenigen Sprengstoffe gedenken, welche aus getrennten Componenten bestehen, die erst zur Zeit der Verwendung gemischt werden. Hierher gehören die Sprengel'schen Sprengstoffe, ferner das Hellhoffit und neuerlich das Roburit.

Das Hellhoffit stellt bekanntlich eine Mischung dar von concentrirter Salpetersäure mit Kohlenwasserstoffen oder deren Nitroverbindungen, soweit sie in jenen lösbar sind, z. B. Benzol und Nitrobenzol. Durch Zusatz von Kieselguhr konstruirte man einen dem Dynamit ähnlichen Sprengstoff, das Carbonit.

Das Roburit erscheint nun als weitere Entwickelung des vorgenannten Sprengstoffs, indem die mit einem Sauerstoffträger zu mischenden Nitroprodukte auch Chlor enthalten. Man erhält die letzteren, nach Angabe des Erfinders Dr. Roth, indem man Steinkohlentheer oder dessen Theilprodukte sowohl mit Nitrirungs- als auch Chlorirungsmitteln behandelt. Die erhaltenen, theils krystallinischen, theils amorphen, schmierigen, gelblich braunen Produkte geben mit 2 bis 3,5 Theilen eines Sauerstoffträgers (meist Salpeters) gemischt, kräftige Sprengstoffe von je nach der Zusammensetzung verschiedener Sprengkraft und Brisanz. Der Einfluß der Chlorirung soll (nach Angabe des Erfinders) sich dahin äußern, daß einerseits die Nitroprodukte trockner und bei Gegenwart von Sauerstoffträgern demgemäß reaktionsfähiger, andererseits aber durch die hohe Wärmeentwickelung bei der Vereinigung von Chlor mit Wasserstoff überhaupt kräftiger werden.

Nach dieser Einleitung komme ich zum eigentlichen Thema.

Die theoretische Bewerthung der Sprengstoffe, d. i. die theoretische Beurtheilung ihres Werthes für den Bergmann, kannerfolgen:

1. nach ihrem Sprengerfolge,
2. nach der Ungefährlichkeit und Einfachheit ihrer Handhabung und Aufbewahrung,
3. nach dem Einflusse ihrer Explosion auf die Grubenverhältnisse.

Was zunächst den *Sprengerfolg* anbetrifft, so ist derselbe abhängig einerseits von der Sprengkraft des Explosivs, andererseits von der Natur des zu sprengenden Gesteins.

Die absolute Sprengkraft eines Explosivs wird theoretisch gemessen durch die bei der Explosion entwickelten Kalorien. Es ist hier nicht am Platze, über die Ergebnisse dieser Laboratoriumsuntersuchungen zu berichten. Es sei nur darauf hingewiesen, daß Rziha neuerdings (Glasers Annalen 1886, Heft 4) erfolgreich die Uebereinstimmung dieser Untersuchungen mit den Ergebnissen der Praxis nachzuweisen versucht hat.

Es werden aber bei sonst gleicher chemischer Zusammensetzung um so mehr Kalorien entwickelt und die mechanische Arbeit beim Sprengen wird um so größer sein, je dichter der Sprengstoff ist, je größer demgemäß die bei der Explosion pro Raumeinheit entwickelte Gasmenge und der von derselben in Folge dessen ausgeübte Druck ist. Der Bergmann hat in der Regel im Bohrloche ein begrenztes Volumen zur Verfügung. Man wird daher gewisse Sprengstoffe durch Comprimiren verbessern, andere und zwar namentlich gasförmige gar nicht verwenden können. Ich darf somit alle diejenigen Bestrebungen als aussichtslos bezeichnen, welche (wie selbst seiner Zeit von Seiten Edison's) auf die Verwendung des Knallgases zu Sprengzwecken gerichtet sind. Lag es ja in unserer Zeit, da die Electrotechnik den Weg zu rascher und wohlfeiler Darstellung sowohl als zu bequemer Entzündung gezeigt hat, nahe, zu glauben, das Knallgas sei das Ei des Columbus in der Sprengtechnik. Wenn man aber überlegt, daß 1 kg Knallgas etwa 600 l, 1 kg Sprengöl kaum 0,6 l Raum beansprucht, und daß bei der Explosion anstatt wie bei Sprengöl eine Volumenvermehrung von 1 auf 1300, eine Volumenverminderung von 3 auf 2 eintritt, so liegt ohne Weiteres auf

der Hand, daß der hohe Wärmegrad, der uns im Knallgasgebläse imponirt, an der geringen Sprengwirkung nichts ändern kann. Angestellte Versuche bestätigten übrigens die Theorie vollkommen. Blechhülsen von etwa 40 cbcm Knallgasinhalt zeigten, electrisch entzündet, eine höchst unbedeutende Kraftentwickelung; nur der Stopfen wurde weggeschleudert, die Hülse blieb völlig unberührt.

Es ist nur ein weiterer Beweis für die Richtigkeit der Ansicht, daß der Sprengerfolg der mechanischen Arbeit eines Explosivstoffes direkt proportional ist, wenn man im Bergbau im Allgemeinen stärkere Sprengstoffe als im Steinbruchsbetrieb, im Abbau schwächere als im Streckenbetrieb anwendet. Denn je weniger frei die zu gewinnende Masse liegt, je enger der auszuschießende Ortsquerschnitt ist, desto größer ist auch die zu verrichtende mechanische Arbeit (vergl. Tabelle III No. 15, 16).

Der Sprengerfolg eines Explosivs ist aber anderseits auch abhängig von der Natur, insbesondere der Elasticität und Festigkeit des zu sprengenden Gesteins. Einflußreich ist hier neben der Sprengkraft die Brisanz, die Geschwindigkeit, mit welcher die Atome bei der Explosion ihre Umgruppirung bewirken, also die im Zeitdifferential geleistete mechanische Arbeit.

Bereits im „Civilingenieur“ von 1854 ist durch Gurlt nachgewiesen worden, daß jedes Gestein eine gewisse Elasticität besitzt. Man hat z. B. beobachtet, daß über entzündeten Minen sich erst eine Kugelcalotte erhob, bevor die Streugarbe erfolgte. Die Ueberwindung der Gesteinselasticität fällt demnach nicht zeitlich zusammen mit der Explosion, sondern es bedarf von dieser bis zur Zerreißung des Gesteins eines gewissen Zeitintervalls, welches je nach dem Elasticitätsgrade desselben verschieden groß ist. Je weniger plötzlich daher der Explosionsstoß erfolgt, je mehr er den Charakter eines allmälig sich vergrößernden Druckes annimmt, um so eher wird eine unnöthige Zertrümmerung des Gesteins und eine damit verbundene Kraftverschwendung vermieden werden, vielmehr eine Abtrennung an den natürlichen feinen, oft vorher unsichtbaren Klüften und Lassen stattfinden.

Ganz besonders elastisch sind Gesteine von schieferiger Struktur, wie Glimmerschiefer, Gneis, da die Schieferung in der Regel erzeugt wird durch Mineralien von verhältnißmäßig großer Elasticität, wie Glimmer, Hornblende. In solchen Gesteinen werden demnach unter den Sprengstoffen von absolut gleicher Kraft die weniger brisanten immer die besseren Resultate erzielen.

Gerade umgekehrt ist das Verhältniß der Brisanz zur Festigkeit, d. h. je fester das Gestein ist, desto kräftiger und brisanter muß das Sprengmaterial, je größer der Widerstand der Flächeneinheit, desto heftiger der Stoßsein zu seiner Ueberwindung. Wendet man umgekehrt bei geringer Gesteinsfestigkeit einen Sprengstoff von hoher Sprengkraft und hoher Brisanz an, so nehmen die den Explosionsherd unmittelbar umgebenden Gesteinstheilchen zu viel von dem Explosionsstoß auf, der Druck pro Flächeneinheit ist so groß, daß sie eher zu Staub zermalmt werden, als daß sie denselben übertragen. Die Explosion kommt dann der eigentlichen Sprengarbeit nur wenig zu Gute, ja es findet wohl überhaupt keine Abtragung von Gesteinsmassen statt, sondern das Bohrloch wird vielleicht nur auf das 3- bis 4fache erweitert. („Sackbildung.“) Andererseits darf man ein zerklüftetes, zerdrücktes Gestein aller-

dings nicht als weniger festes in diesem Sinne ansehen. Im Gegentheile wird in solchem, wenn ein Explosivstoff überhaupt noch Erfolg hat, immer der brisantere den größeren haben, weil die Sprenggase auf den Klüften und Spalten sich weniger rasch „verfahren" können.

Ich werde mir später erlauben, für den Einfluß der Gesteinsnatur aus der Praxis geschöpfte Belege beizubringen. Ich möchte nur zunächst auf Grund des oben Angeführten nachweisen, daß Rziha, obwohl er in seiner oben angezogenen, trefflichen Abhandlung anscheinend der Gesteinsnatur im Verhältniss zu Sprengkraft und Brisanz keine große Bedeutung beimißt, selbst Belege dafür giebt. Nach ihm verhält sich, zufolge von Versuchen beim Eisenbahnbau, der Erfolg von Schwarzpulver gegen Dynamit

a) in mittelfestem Syenit = 1 : 2,40,

b) in festem Syenit oder Granit = 1 : 2,57,

c) in festem Feldspath und Quarz = 1 : 3,80.

D. h. das hochbrisante Dynamit giebt gegen Schwarzpulver den günstigsten Erfolg im festesten Gesteine und zwar ist der Unterschied zwischen c und a, b so bemerkenswerth, daß er in der Praxis kaum vernachlässigt werden dürfte.

Wenn nun aber diese Betrachtungen darauf hinweisen, daß Sprengstoffe von höchster Sprengkraft und Brisanz nur unter bestimmten Bedingungen den höchsten Erfolg geben, so ist es wohl gerechtfertigt, die Bedingungen selbst, von welchen Sprengkraft und Brisanz abhängen, etwas näher zu untersuchen.

Was zuerst das Schwarzpulver betrifft, so nehmen im Allgemeinen die Brisanz und die Sprengkraft desselben zu mit dem Salpetergehalt, speciell die Brisanz mit der Feinheit und Entzündlichkeit der beizumischenden Kohle und der Feinheit des Korns. Die Politur übt nur insofern einen gewissen Einfluß, als sie die Oberfläche des Pulverkorns verdichtet und mit dem schwerer entzündlichen Graphit überzieht, aus letzterem Grunde daher für Kalipulver überhaupt entbehrlich erscheint.

Die Eintheilung der Pulversorten in Spreng- und Schießpulver einfach nach dem Salpetergehalte zu treffen, wie man bis heute in gewissen Lehrbüchern finden kann, sollte in unserer Zeit ein überwundener Standpunkt sein, ebenso wie die Ansicht, daß man überhaupt das salpeterärmere, mehr schiebend wirkende Pulver dem salpeterreicheren, kräftigeren Pulver für Sprengzwecke vorziehen müsse. So durfte man nur vor Kenntniß der Nitroverbindungen urtheilen. Heute wird man im Allgemeinen nur fragen: „welches Pulver entwickelt die höchste Kraft?" Denn bekanntlich verhält sich die Explosion von Schießpulver mit 65% Salpeter zu derjenigen von Sprengpulver mit 75% Salpeter wie die unvollständige zur vollständigen Verbrennung oder wie Roux und Sarrau[1]) auf calorimetrischem Wege fanden, die Kraftentwickelung verhält sich wie 4:5. Das heißt, Schießpulver mit 10% höherem Salpetergehalt entwickelt ca. 20% mehr Kraft als gewöhnliches Sprengpulver, während der Kostenaufwand vielleicht nur um 5% höher ist. Die Entscheidung für das salpeterreichere Pulver kann daher nicht in Frage stehen. Wier sehen auch thatsächlich, daß sich die hervorragenderen

[1]) Dingler, Polyt. Journ. Bd. 209, S. 303. Bd. 210, S. 21.

Pulverfabriken und einsichtigeren Verbraucher längst in diesem Sinne entschieden haben.

Von ebenso wesentlichem Einflusse wie der Salpetergehalt ist aber die Auswahl der Kohle und die Art und Intensität ihrer Einmengung. Je entzündlicher nämlich die Kohle, je inniger und sorgfältiger die Mischung der einzelnen Substanzen des Pulvers ist, je mehr „Arbeit“ dieselben bekommen haben, wie der Fabrikant sagt, desto brisanter ist das Pulver. So ist selbst eine so salpeterreiche Pulverart, wie der für Sprengzwecke im Steinsalz gebrauchte „brennbare Salpeter“ doch sehr wenig brisant, weil seine Bestandtheile nur wenig innig gemischt sind. Umgekehrt wird gutes „Schießpulver“ immer brisanter sein, als das chemisch gleich zusammengesetzte Sprengpulver, weil die einzelnen Substanzen theils, wie speciell die Schießbeer-Kohle, von Natur entzündlicher, theils aber viel inniger gemischt, viel besser zu intensiver gegenseitiger Reaction vorbereitet sind. Wenn gleichwohl solches Pulver zu Sprengzwecken keine oder nur beschränkte Verwendung findet, so liegt dies in den höheren Gestehungskosten, welche durch die erhöhten Sprengerfolge, zumal im Wettkampfe mit den Nitroverbindungen, nicht gedeckt werden.

Ist sohin auf diesem Wege eine Verbesserung des Sprengpulvers nicht zu erzielen, so ist dagegen ein anderer Weg, welcher eine Vermehrung der Sprengkraft der Raumeinheit durch Verdichtung der Substanz, unter gleichzeitiger Verminderung der Brisanz im Auge hat, mit Erfolg betreten worden.

Wie oben gezeigt, nimmt die Brisanz des Pulvers ab, je gröber die Körnung. Es beruht dies auf dem von Piobert nachgewiesenen Umstande, daß das Abbrennen der Pulverkörner in concentrischen Schichten erfolgt. Den Superlativ nun der Korngröbe finden wir in dem zu Patronen zusammengepressten, „comprimirten“ Pulver.*)

Wie man aber die relative Sprengkraft des Schwarzpulvers durch Comprimirung vermehrt, ebenso gilt dies für gewisse Nitroverbindungen. Nitrocellulose konnte erst nach der Verdichtung die Ebenbürtigkeit mit Dynamit zu erringen versuchen. Umgekehrt konnte Bautzner Sprengstoff, eine aus Holzcellulose hergestellte Schießwolle, ebenso wie Roburit in losem Zustande als Sprengstoff für Kohle verwendet werden.

Als brisanzmindernd gilt ferner bei den Nitroverbindungen die Beigabe von schwarzpulverähnlichen Zumischpulvern, deren mehr schiebende Wirkung die Gelatinedynamite auszeichnet.

Endlich aber ist bei sämmtlichen Nitroverbindungen, welche der Detonationszündung unterliegen, die Auswahl der Stärke des Zündhütchens für die vollkommene Entwickelung der Sprengkraft von ganz besonderer Wichtigkeit. Dieselben enthalten bekanntlich einen gewissen Satz von Knallquecksilber. Je nach Gewicht dieses Satzes unterscheidet man solche von einfacher, doppelter, dreifacher Stärke u. s. w., wobei die Ladung z. B. von 0,26 bis auf 0,54 gr. steigt. Jedenfalls bieten auch die neuen patentirten Paulus'schen Zündhütchen durch dichte allseitige Umschließung der Zünd-

*) Uebrigens findet man hier die Grenze der Brisanzbeschränkung. Wenn man nämlich, wie ich es versuchsweise thun liefs, den Zündkanal dieser Patronen als „schädlichen Raum“ schliefsen läfst, so erhält man, weil die Fortpflanzung des Feuers zu langsam geschieht, nur geringe Erfolge.

masse, welche im Verhältniß zur Wirkung eine Verminderung derselben gestattet, in dieser Beziehung Vortheil.

Es ist bekannt, wie gewisse Arten der Nitroverbindungen Hütchen von 1 g Ladung bedürfen, um vollkommen zur Explosion zu gelangen. Hierher gehören Sprenggelatine, Schießbaumwolle, Hellhoffit, Roburit. Bei Sprenggelatine bedient man sich dann auch einer Zündpatrone aus Dynamit, die mit gewöhnlichen Hütchen gezündet wird. Es ist aber auch bei den übrigen Nitroverbindungen durchaus rathsam, die Zündwirkung möglichst kräftig zu machen. Müssen wir doch im Auge behalten, daß der Detonationsschlag sich umsetzen soll in die Explosionstemperatur von ganz bestimmter Höhe und daß, wenn diese nicht erreicht wird, erst eine gewisse Menge des Explosivstoffs „verbrennen“ muß ohne Explosion, ehe diese selbst und die gewünschte Kraftentwicklung eintritt. Der Erfahrung nach sind daher überhaupt nur doppelte Zündhütchen, noch besser aber dreifache anzuwenden.

Die Bewerthung der Sprengstoffe richtet sich aber auch zweitens nach der *Einfachheit* und *Ungefährlichkeit ihrer Handhabung und Aufbewahrung.*

Es ist allgemein bekannt, wie die Einführung der Nitroverbindungen in die Sprengtechnik durch die größere Umständlichkeit der Zündung gegenüber dem Pulver anfangs erschwert worden ist. Ich erwähne nur, wie das Nitroglycerin als Flüssigkeit beanstandet und trotz seiner hohen Sprengkraft wenigstens in Europa verdrängt wurde; ich darf hinweisen auf die Thatsache, daß die Schießbaumwolle, mag man nun das Gefrieren der Sprengölpräparate als gefährlich betrachten oder nicht, jedenfalls durch ihr Nichtgefrieren auf militärischem Gebiete sich ein weites Feld erobert hat, ebenso wie dies auch für den Roburit als Vortheil betrachtet wird.

Ich brauche auch nicht des Näheren anzuführen, wie das Hellhoffit in Folge der Schwierigkeit der Handhabung, welche die benöthigte concentrirte Salpetersäure verursacht und die höchstens für eine kleine Grube oder für einen Steinbruchsbetrieb gemildert werden kann, in der bergmännischen Praxis nicht durchgedrungen ist. Denn wenn es in russischen Staatsbergwerken eingeführt wurde, so dankt es dies wohl mehr der Furcht vor den Nihilisten und deren verrufenem Dynamit als der Ueberzeugung von seiner technischen Vortheilhaftigkeit.

So würde es auch die Einführung des Roburites erschweren, wenn derselbe pulverförmig bleiben und kurz vor dem Gebrauche in Patronen gefüllt werden sollte, da dies bei den hygroskopischen Eigenschaften desselben umständlich und den Arbeitern überdies wegen des intensiven Gelbfärbens unangenehm ist. Ebenso wird man in Rücksicht auf Bequemlichkeit der Handhabung an dem gesonderten Versande der Componenten des Roburits, der ja durch Ungefährlichkeit und niedrige Frachtkosten viel Vortheil bietet, nicht festhalten können.[2])

Kann ich über diese Punkte wohl mit Recht flüchtig hinweg gehen, so muß ich mir doch erlauben, bezüglich der Bewerthung der Plasticität der

---

[2]) Ich erfahre nachträglich, dafs er jetzt gekörnt und zum Gebrauche fertig, in Blechbüchsen versendet werden soll.

Sprengstoffe, ihrer Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und chemische Einflüsse etwas ausführlicher zu sein.

Die Plasticität eines Sprengstoffes gestattet, die Patrone bequem in das Bohrloch einzuführen, auch dann, wenn dasselbe zuweilen geringeren Durchmesser besitzt als die Patrone. Ein nicht plastischer Sprengstoff, wie gepresste Schießbaumwolle, ist in solchem Falle entweder überhaupt nicht anzuwenden oder doch nur mit der Gefahr einer Entzündung, wie sie z. B. am Königlichen Steinkohlenwerke, beim Eintreiben einer zu starken Patrone (glücklicherweise ohne Explosion) thatsächlich vorgekommen ist.

Die Plasticität hat aber, und dies ist hier noch nachträglich anzuführen, auch eine Bedeutung für den Sprengerfolg. Denn indem ein plastischer Sprengstoff vollkommen an die Bohrlochswandung gepresst und jeglicher Hohlraum beseitigt wird, erhält man eine Ladungsverdichtung, welche nicht nur den Gasdruck auf die Flächeneinheit der Bohrlochswand, wie gezeigt, absolut vermehrt, sondern auch jegliche Expansion der Sprenggase verhindert. Letztere kann nur dann als eine gewisse Milderung der Brisanz vortheilhaft sein, wenn brisante Sprengstoffe in elastischen Gesteinen zur Anwendung kommen, und erscheint in diesem Falle das „Raumschießen" immerhin beachtenswerth. Ein Hohlraum wird dagegen stets ein Nachtheil sein, wenn es gilt, in festen Massengesteinen schwer explodirende Sprengstoffe zur Explosion zu bringen. Ich möchte daher auch den Hauptgrund für den Mindererfolg der Schießbaumwolle gegen Dynamit in diesem Umstande, d. h. darin suchen, daß dieselbe, noch dazu bei niedrigerem specifischen Gewichte, nicht plastisch ist, daß daher meist im Bohrloche hinter dem Besatze ein gewisser Hohlraum bleibt, welcher den Zündschlag abschwächt, ja bei einer gewissen Uebergröße sogar die Explosion ganz oder theilweise verhindert. Wenigstens kann ich mir nur hierdurch die Möglichkeit erklären, daß bei angestellten Versuchen mehrfach einzelne Patronen ungezündet blieben und später in den Bergen aufgefunden wurden, ohne daß etwa Nachbarschüsse die Ladung mit weggerissen und so der Entzündung entzogen hätten. Es kam dies erst im Wegfall, nachdem Dynamit als Zündpatrone verwendet wurde.

So bleibt die Nichtplasticität auch ein Uebelstand beim comprimirten Pulver, wenn auch der Nachtheil bei der Anwendung in wenig festem Gestein für den Sprengerfolg kaum fühlbar sein wird.

Eine erhöhte Widerstandsfähigkeit der Sprengstoffe gegen mechanische Einflüsse ist von besonderem Werthe für den Transport derselben, welcher dadurch an Gefährlichkeit verliert. In Amerika wird aus diesem Grunde das Nitroglycerin nur gefroren, wie Butter gekühlt, transportirt, weil es in diesem Zustande weit mehr Wärme, weit mehr Arbeit bedarf, eine Explosion zu erzielen und etwaige Gefahr daher als vollkommen beseitigt gilt. Für die Schießarbeit dagegen, welche dann besonders starker Zündhütchen oder gar eigenartiger Zündpatronen bedarf, gestaltet sich die Verwendung meist kostspieliger und minder einfach, was bei mittelmäßig kräftigem Sprengmaterial, wie Schießbaumwolle, abermals ein Nachtheil ist.

Was ich sagen möchte über die Bewährung der Explosivstoffe gegen chemische Einflüsse bezieht sich weniger auf Laboratoriumsuntersuchungen

als ebenfalls auf praktische Erfahrungen. Ich habe vor allem die Wasseraufnahme und die Selbstzersetzung im Auge.

Die Schädlichkeit der Wasseraufnahme für den Erfolg eines Sprengstoffes brauche ich kaum zu beweisen. Es ist bekannt, wie Wasser die Entzündung des Pulvers gerade so zu verhindern vermag, als irgend eines anderen brennbaren Stoffes und wie es, wenn auch in Spuren vorhanden, die Temperatur bei der Explosion herabzieht und daher eine unvollkommene Verbrennung, mangelhaften Sprengerfolg und, wie wir später sehen werden, unangenehme Verbrennungsgase liefert.

Denselben schädlichen Einfluss aber wie auf Pulver und ähnliche salpeterhaltige Mischungen, so auch auf Roburit, der sogar höchst empfindlich ist, vermag das Wasser ebenso auf Dynamite zu äußern, wenn auch viel langsamer. Dies gilt speciell von den Dynamiten mit activer Basis, welche durch ihren Salpetergehalt mehr oder weniger hygroskopisch sind. Mag nämlich der Salpeter auch anfangs durch das Gelatineöl vor direkter Berührung mit der feuchten Luft geschützt sein, bestimmte Erfahrungen (am Königlichen Steinkohlenwerke) weisen doch darauf hin, dass bei Lagerung in ausziehenden warmen, feuchten Wettern bereits nach einem Vierteljahr die Einwirkung merkbar und nach einem Jahre ungefähr soweit gediehen ist, daß selbst Zündhütchen stärkster Sorte eine Explosion nicht mehr hervorbringen. Das Gelatineöl wird dann durch das vom Salpeter aufgenommene Wasser förmlich verdrängt, ja die Patronen blähen sich auf bis zum Zerplatzen. Man hat, so viel ich weiß, ähnliche Erfahrungen bei überseeischen Transporten gemacht. Die Anwendbarkeit des Gelatinedynamits war für solche Verhältnisse geradezu in Frage gestellt. Glücklicherweise ist die Ueberwindung dieser Hygroskopicität bereits gelungen durch einen luftdichten Ueberzug, indem die Packete in flüssiges Paraffin getaucht angeliefert werden. Daß solcher Schutz in den meisten Fällen genügt, haben neuere Erfahrungen erwiesen

War diese Wasseranziehung von nachtheiligem Einflusse einzig auf den Sprengerfolg und auf die Sprenggase, im Uebrigen aber ohne jede direkte Gefahr, so ist die „Selbstzersetzung", wie sie bei gewissen Nitroverbindungen zu Tage getreten, um so gefährlicher. Bekanntlich sind dieselben vollkommen beständig, so lange keine äußeren Einflüsse an sie herantreten; sie würden in der That als Sprengstoffe überhaupt nicht haben in Betracht kommen können, wenn sie sich wirklich von selbst zersetzten. Die freiwilligen Entzündungen sind vielmehr, soweit nicht andere Ursachen vorlagen, zurückzuführen auf eine nachträgliche Wärmeentwickelung und diese allerdings auf einen chemischen Proceß, der, wie ich glaube, erregt wurde durch einen Rückhalt an freier Säure. Dieser Säurerest wirkt nämlich bei längerer Berührung allerdings zersetzend auf die Nitroverbindungen dergestalt, daß nach den Untersuchungen von de Luca und Brull[3]) aus Nitroglycerin unter Entweichen von rothen Untersalpetersäuredämpfen zuletzt Oxalsäure, Ammoniak und Wasser entstehen. Es liegt auf der Hand, daß diese Zersetzung nicht ohne Entwickelung von Wärme von statten geht, ebenso aber auch, daß ohne deren Abführung recht wohl eine spontane Explosion stattfinden kann.

---

[3]) Journ. of the americ. Chemic. society 1884.

Die Entwickelung rother Dämpfe aus Nitroverbindungen ist daher von jeher als Zeichen der Gefahr angesehen worden.

Es ist also eine mangelhafte Auswaschung und Reinigung des Sprengstoffs, namentlich des Sprengöls und der Schießbaumwolle, welcher man wohl beinahe sämmtliche Unglücksfälle dieser Art zuschreiben kann. Man hat dies zwar von interessirter Seite seiner Zeit mit Entschiedenheit in Abrede gestellt. Nichtsdestoweniger scheinen jene Unglücksfälle Lehrmittel für die Fabrikanten geworden zu sein: sie haben gezeigt, wie peinlich und sauber die Behandlung sein muß, wie furchtbar die Folgen eines kleinen Fehlers auch für sie selbst werden können. Ja, die Entwickelung der Dynamitindustrie seit jenen Ereignissen und deren Nichtwiederholung scheinen diese Ansicht nur zu bestätigen.

Uebrigens halte ich die Spur Soda, welche in den neueren Gelatinedynamiten enthalten ist, ebenfalls für eine Bestätigung dieser Ansicht, nämlich für ein Mittel, welches einen etwa vorhandenen Säurerest zu neutralisiren bestimmt ist.

Ich komme zum dritten Punkte, nach welchem ich die Bewerthung der Sprengstoffe gegliedert, dem Punkte, welcher für den Bergmann ganz specielle Bedeutung hat, nämlich zu dem Einflusse der Explosion eines Sprengstoffs auf die Grubenverhältnisse.

Es handelt sich hier um die Sprenggase und die Schießflamme. Bekannt ist, daß die Sprenggase der meisten Explosivstoffe der Theorie nach aus Kohlensäure und Stickstoff bestehen sollen, wozu bei den Nitroverbindungen noch Wasserdampf hinzutritt; es ist aber auch ebenso bekannt, daß die Zerlegung in der Praxis bei der Gesteinsprengung nicht ganz der Theorie gemäß erfolgt, sondern daß außer anderen Gasen, wie Schwefelwasserstoff bei Pulver, wie Wasserstoff bei Sprengölpräparaten etc., namentlich auch Kohlenoxyd in größerem Antheile erzeugt wird.

Sind Kohlensäure und Stickstoff nur als nicht athembare Gase zu betrachten, durch Verdünnung indeß leicht unschädlich zu machen, so ist Kohlenoxyd dagegen geradezu giftig, die thunlichste Beschränkung seiner Erzeugung daher dem Bergmann dringend geboten. Die Bildung von Kohlenoxyd an Stelle von Kohlensäure aus Kohlenstoff ist der Beweis einer Unvollkommenheit der Oxydation. Solche kann ihren Grund haben entweder in wirklichem Mangel an activem Sauerstoff oder in mangelhafter Entwickelung desselben. In letzterem Falle, der speciell bei Nitroverbindungen eintritt, wird gleichzeitig eine mangelhafte Zerlegung derselben, meist eine Erzeugung des ebenfalls schädlichen Stickoxyds (NO) mit derjenigen von Kohlenoxyd Hand in Hand gehen.

Der positive Mangel an Sauerstoff wird statthaben, wenn z. B. der Salpetergehalt des Schwarzpulvers zu niedrig ist, oder umgekehrt zu viel kohlenstoffhaltige Substanzen eingemengt sind, wie dies jedenfalls bei dem neuen Sprengstoff Kinetit[4]) zutrifft. Die mangelhafte Entwickelung des aktiven Sauerstoffs dagegen kann ihren Grund in mancherlei Umständen haben, und zwar im Allgemeinen natürlich denselben, welche, wie wir gesehen

[4]) Berg- u. Hüttenm. Z. 1885, Nr. 7.

haben, auch den Sprengerfolg nachtheilig beeinflussen. Ich rechne hierher speciell für Schwarzpulver die unvollkommene Mischung der Grundsubstanzen, für die Nitroverbindungen die Anwendung zu schwacher Zündhütchen, für die Guhrdynamite das Vorhandensein einer inaktiven Basis und die aus derselben hervorgehende Wärmebindung; ich rechne hierher auch vor Allem ein Gefrorensein der Sprengölpräparate und einen etwa vorhandenen Feuchtigkeitsgehalt, welche beide, hier zur Verflüssigung, dort zur Verdampfung des Wassers, erhöhte Wärmezufuhr erheischen, und ich rechne hierher endlich die Ladungsdichte. Die erst erwähnten Punkte habe ich früher genugsam erörtert, bezüglich der Ladungsdichte, deren Wichtigkeit ich bereits bei der Plasticität der Sprengstoffe gekennzeichnet, möchte ich dies auch für die Sprenggase nachweisen. Je kräftiger und unmittelbarer nämlich der Zündschlag auf eine Nitroverbindung wirkt, desto größer ist die erzeugte Wärme, desto heftiger die Entwickelung des activen Sauerstoffs, desto kräftiger und vollkommener seine Einwirkung. Dasselbe gilt auch im gewissen Sinne vom Schwarzpulver, nur daß hier die direkt zugeführte Zündungswärme möglichst vollkommen von diesem selbst aufgenommen werden muß, möglichst wenig an die im Explosionsraume etwa vorhandene Luft abgegeben werden darf. Dies ist aber der Fall bei dem comprimirten Pulver, welches demnach auch thatsächlich bei der Explosion die geringste Entwickelung von Kohlenoxyd zeigt, überhaupt unter sonst günstigen Verhältnissen im Vergleich zu anderem Pulver überraschend wenig Rauch verursacht. In gleichem Sinne haben auch Abel und Nobel [5]) bei ihren in neuerer Zeit durchgeführten Versuchen festgestellt, daß mit zunehmender Ladungsdichte die Menge der Kohlensäure bei der Explosion sich vermehrt, die des Kohlenoxyds sich vermindert.

Es giebt jedoch noch anderweite Ursachen für schlechte Sprenggase, welche nicht in der Natur des Sprengstoffs liegen.

Man kann bei der Grubenbefahrung von den Häuern zuweilen hören: „Es hat viel Rauch gemacht, ich bin wohl mit der Ladung etwas zu stark gekommen.“ Diese Erklärung der Rauchbildung ist ganz richtig. Denn in Folge der Ueberladung trägt der Schuß früher ab, als die Explosion des Sprengstoffs vollendet ist. Ein Theil des letzteren wird daher noch unzerlegt herausgeworfen und, hierbei beträchtlich abgekühlt, nur zu unvollkommener Explosion gebracht. Eben dasselbe wird stattfinden, wenn der Sprengschuß den Besatz hinausschlägt, bei den sogenannten Lochpfeifern.

Hier sind wir aber an dem Punkte angelangt, welcher für gewisse Gruben eine große Rolle in der Beurtheilung der Sprengstoffe zu spielen gerade in jüngster Zeit berufen ist, ich meine die Schießflamme und ihre Einwirkung auf Schlagwetter und Kohlenstaub.

Die Schießflamme ist, wie ich soeben gekennzeichnet, die sichtbare unvollständige Explosion. Das theoretische Ideal einer Gesteinssprengung für Schlagwettergruben würde sein, wenn die Explosion und die mit derselben verbundene Flammen- und Wärmewirkung in dem Augenblick gerade beendet wäre, wo das Gestein zur Abtragung, die Explosionsprodukte mit

[5]) Eng. and Min. Journ. 34, 149 und daraus Oestr. Z. 1883, No. 21.

der Grubenluft in Berührung kommen. Dieses Ideal wird in der Praxis nicht erreicht, weil die Explosion entweder relativ oder absolut zu langsam stattfindet, nämlich relativ zu langsam bei Ueberladung oder schlechter Verdämmung des Bohrlochs, absolut zu langsam bei den minder brisanten Sprengstoffen.

Es ist das Verdienst J. Trauzl's [6]), zuerst das Augenmerk auf die Verwendung brisanter Sprengstoffe für Schlagwettergruben gelenkt zu haben. Diese Verwendung ist für die Praxis um so wichtiger, als überladene Sprengschüsse kaum zu vermeiden, gerade diese aber nach den angestellten Versuchen [7]) die gefährlichsten sind.

Ich brauche nicht zu erläutern, wie Alles das, was ich als einflußreich für die vollkommene Explosion angegeben, erst recht auch hier zu nennen sein würde, ich meine vor Allem die Zündung mittels entsprechend starker Knallhütchen, die Ladungsdichte, das Nichtgefrorensein bei Sprengölpräparaten, die Abwesenheit Wärme absorbirender Stoffe, wie Wasser, Kieselguhr, das Vorhandensein einer aktiven Basis, wie bei Gelatinedynamit.

Die Ergebnisse der Versuchsstation zu Neunkirchen sind nach dem trefflichen, am letzten Bergmannstage gehaltenen Vortrage Hilts dahin zusammenzufassen, daß Schwarzpulver bei Lochpfeifern und reichlichem Vorhandensein von Kohlenstaub bereits ohne Anwesenheit von Grubengas eine Explosion geben kann, daß aber mit Mengen von 2—3% Grubengas fast sämmtliche Kohlenstaubsorten je nach der Gefährlichkeit durch die Pulverflamme auf weitere Erstreckung zur Zündung, beziehentlich zur Explosion gebracht werden können. Dagegen geben die Dynamite bei einer Anwesenheit bis 4 % Grubengas noch vollkommene Sicherheit, Gelatinedynamit sogar bei 6 bis 7 %, letzteres eine praktische Bestätigung der soeben entwickelten Theorie, während allerdings die Ergebnisse der Zwickauer Versuche hiermit nicht völlig übereinstimmen. [8])

Da aber die bisher bekannten brisanten Sprengstoffe für die meisten Kohlen ungeeignet oder zu kostspielig waren, so wurde zunächst versucht, die Schießflamme des Schwarzpulvers mittels Wasserbesatzes zu löschen. Derselbe ist vom Professor Abel in London (nach dem Essener Glückauf 1885) bereits im Jahre 1873 vorgeschlagen und erprobt worden, wobei gleichzeitig das zerstäubende, beziehentlich verdampfende Wasser eine mehr schiebende als zerreißende Wirkung äußern sollte. Es zeigte sich indeß in der Praxis, daß höchstens Lochpfeifer, die ihre Explosionsprodukte nothgedrungen durch das Wasser hindurchschicken müssen, flammenlos waren. Wenn die Schüsse dagegen werfen, und nunmehr die flammende Substanz nach den verschiedensten Richtungen weggeschleudert wird, wird das Wasser meist nur einen Theil davon vollkommen löschen, besonders deshalb, weil die Menge des Wassers, bestimmt durch den von der Ladung übrig gelassenen Theil des Bohrloches, und somit auch die Intensität der Löschung immer nur gering sein kann.

---

[6]) Trauzl, Zur Schlagwetterfrage.

[7]) Essener Glückauf 1885 und Sächs. Jahrbuch f. B. und H. 1886.

[8]) Sächs. Jahrbuch f. B. und H. 1886 S. 31.

Für die Dynamite ist dagegen durch sämmtliche Versuchsstationen und auch durch Versuche in der Praxis konstatirt worden, daß der Wasserbesatz auch dann die Entzündung verhindert, wenn der Kohlenstaub erwiesenermaßen gefährlich ist und mehr als 4 % Grubengas vorhanden sind.

Für den Fall, daß doch noch Kohlensorten existirten, welche in Folge ihrer Weichheit zu ihrer Gewinnung die Anwendung der neueren Sprengstoffe nicht erlaubten, drängte sich mir die Frage auf, ob man bei Verwendung von intensiver löschend wirkenden Substanzen für den Besatz nicht auch mit Pulver flammenlose Sprengungen erzielen könnte.[9])

Ich versuchte die Bauer'sche Löschtinktur, die in der Hauptsache eine Lösung von Natrium- und Kaliumsulfat zu sein scheint und sich daher jedenfalls mit keinen großen Kosten beschaffen lassen dürfte. Die Lösung wurde nach der Anweisung mit 3 Theilen Wasser verdünnt angewendet.

Das Ergebniß war im Ganzen derart, daß keine Schießflamme sichtbar wurde, sobald die Lösung im Verhältniß zu deren Intensität reichlich vorhanden war, nämlich bei 5 von vorläufig 8 Versuchen. Hierbei habe ich als flammenlos auch diejenigen 2 mit eingerechnet, bei denen zwar keinerlei Flamme, aber doch noch einzelne schwache Funken zum Vorschein kamen. In zwei Fällen wurde die Menge der Lösung zu gering, weil das Bohrloch zu kurz war, nur 70 bis 120 cbcm Inhalt gegen sonst 130 bis 210 cbcm hatte. Dann zeigte sich allerdings eine schwache Flamme, ebenso, als bei einem Versuch die Lösung reichlicher mit Wasser verdünnt wurde. Ist somit die obengestellte Frage in absolut bejahendem Sinne nicht entschieden worden, so scheint sich doch gegenüber gewöhnlichem Wasserbesatz eine größere Abschwächung der Schießflamme des Schwarzpulvers durch die beschriebene Verwendung von Salzlösungen zu ergeben. Es würde durch weitere Versuche zu entscheiden sein, ob die Anwendung concentrirter statt verdünnter, oder überhaupt anderer Löschflüssigkeit eine vollkommene Beseitigung der Schießflamme zu erbringen vermöchte.

Ich habe bis jetzt versucht, die theoretischen Gesichtspunkte zu entwickeln, von denen aus die Bewerthung der Explosivstoffe für die bergmännische Praxis erfolgen kann.

Die Unterlagen zu dieser Bewerthung wird freilich in vielen Fällen erst die chemische Analyse erbringen hönnen, wie den Nachweis des Gehaltes an Salpeter im Pulver, an Sprengöl in den Dynamiten. Meinem bergmännischen Standpunkte liegt dies ferne. Ich wende mich vielmehr der empirischen, **practischen Untersuchung** zu.

Diese praktische Untersuchung hat vor Allem die *Feststellung der Sprengkraft* im Auge. Sie kann erfolgen entweder durch Apparate oder mittels vergleichender Sprengversuche.

Ich komme zuerst zu den Apparaten.

Die wichtigsten derselben sind

die Stangenprobe,
die Ausbauchprobe,
der Guttmann'sche Kraftmesser.

[9]) Nach Mittheilungen des Patentbureaus von Lüders in Görlitz scheint von anderer Seite eine Patentirung dieses Princips angestrebt zu werden, welche indefs, da vorliegende Versuche die Priorität der Veröffentlichung besitzen, hinfällig sein würde.

Die Stangenprobe ist allbekannt, aber ebenso auch ihre bisherige Unzuverlässigkeit. In einer größeren Reihe von Versuchen, welche Dr. Klose in Louisenthal [10]) durchgeführt hat, haben sich für gleiche Gewichtsmengen Differenzen von 20 bis 38 % gegenüber dem Mittelwerth herausgestellt, demzufolge natürlich alle aus den Ergebnissen gezogenen Schlüsse über die Qualität eines Pulvers belanglos sein mußten.

Der Grund hierfür war in dem unvollkommenen Verschlusse zu suchen, welcher den Pulvergasen gestattete, früher zu entweichen als die Explosion vollendet war. In richtiger Erkenntniß dieses Mangels hat Klose den Verschluß durch Ansetzen eines in den Mörser genau hineinpassenden Kolbens wesentlich vollkommener gestaltet, so daß hierdurch der Apparat Resultate liefert, welche recht gut zu brauchen sind.

Die Stangenprobe eignet sich ihrer Natur gemäß nur für Schwarzpulvermischungen. Brisante Sprengstoffe würden den Mörser zerreißen oder wenigstens deformiren. Gerade aber für diese galt es, je mehr sie sich in der Sprengtechnik einführten, einen Kraftmesser zu ersinnen. Wenn hierbei alle Apparate ihrer deformirenden Gewalt zum Opfer fielen, so lag es vielleicht nicht zu fern, gerade diese Gewalt zur indirekten vergleichenden Messung zu verwenden. Die ursprünglichste Methode dieser Art war die Messung von Durchbiegungen an Eisenplatten oder Austreibung von Bleikörpern, auf welchen der Sprengstoff zur Explosion gebracht wurde. Aber es war hierbei keine Rede von Genauigkeit und Uebereinstimmung der Resultate.

Einen bessern Weg zeigte zuerst Hauptmann Dr. Beckerhinn in seiner interessanten Studie über Sprengwirkung brisanter Präparate, [11]) indem er die Gestalt und Größe des Sprengraumes bei der Explosion derselben in verschiedenen Medien feststellte. Hierauf construirte Trauzl seine Ausbauchprobe, nach welcher die Stärke eines Sprengstoffs gemessen wird durch die Größe des Hohlraumes, den eine im Innern eines Bleicylinders hervorgebrachte Explosion erzeugt.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Richtigkeit und Gleichmäßigkeit der erzielten Resultate in gewissem Maße abhängig ist von der Größe und Gestalt des angewandten Bleicylinders, der Art des Bleis, des Gießens u. s. w. Indeß habe ich bei größter Einfachheit der Herstellung doch für die Praxis bereits so befriedigende Ergebnisse gehabt, daß ich die Probe nicht genug empfehlen kann. Dazu kommt, daß sie in ihrer Ausführung sich direkt an die Sprengung von Gestein anschließt und am ersten ein Bild davon geben dürfte. Endlich aber ist sie bei Vermeidung von Ueberladungen vollkommen ungefährlich. Die Messung der erzeugten Hohlräume geschieht einfach wie bei der Maßanalyse durch Füllung aus graduirtem Cylinder oder Pipette.

Nach Versuchen, die ich selbst angestellt, ergaben sich bei Verwendung von Sprengstoffmengen im Betrage von je 20 g durchschnittlich folgende Erweiterungen des ursprünglichen Hohlraumes von 48 cbcm:

für Guhrdynamit	zu	881 cbcm
„ Gelatinedynamit I	„	1200 „
„ Roburit	„	1400 „

[10]) Preuſs. Z. 1883, S. 97.

[11]) Preuſs. Z. 1878, S. 200.

Diese Ergebnisse stimmen bezüglich der ersteren sehr gut mit denjenigen überein, welche von Trauzl und Klose erzielt wurden. Letztere erhielten [12]) für Gelatinedynamit I im Mittel 1229 bezw. 1181 cbm, dagegen für Guhrdynamite 953 cbm.

Die Ausbauchprobe wurde, wie gesagt, ursprünglich nur für die brisanten Sprengstoffe konstruirt. Man kann indeß auf demselben Wege auch die Schwarzpulverarten probiren, nur ist dann, wie bei der alten Stangenprobe, eine Unvollkommenheit der Kraftabgabe zu beobachten, indem bei den weniger brisanten Sprengstoffen ein um so größerer Theil der Gase durch den Zündkanal wirkungslos entweicht. Dieses Bestreben der Pulver-Sprenggase, die Richtung des geringsten Widerstandes zu nehmen, kann man deutlich an den aufgeschnittenen Cylindern beobachten, die nach oben stark aufgetrieben sind, während die von den brisanten Sprengstoffen herrührenden Cylinder am oberen Ende nahezu unverändert erscheinen. Man darf daher auf Grund derartiger Proben die Wirkung von brisanten und wenig brisanten Sprengstoffen nicht mit einander vergleichen. Gelatinedynamit würde nach demselben 15 bis 20 Mal stärker sein als Pulver, was mit der Praxis keineswegs übereinstimmt.

Gleichwohl ist die Verwendung der Ausbauchprobe auch für die weniger brisanten Sprengmittel durchaus nicht zu verwerfen. Denn wenn auch grobkörniges Pulver eine geringere Ausbauchung als feinkörniges giebt, so begegnet man einer aus dieser Differenz etwa erwachsenden Selbsttäuschung dadurch, daß man aus einer größeren Sendung immer nur Pulverkörner von einer bestimmten Größe aussiebt und für sich probirt. Wenn comprimirtes Pulver aber trotz seiner geringen Brisanz dieselbe Ausbauchung giebt wie feinkörniges Pulver, so ist dies ein erneuter Beweis für seine größere Sprengkraft. Die von mir gefundenen Zahlen, nämlich 30 bis 45 cbcm Ausbauchung auf 10 g verwendetes Pulver, schließen sich eng an die von Klose gegebenen, und ich enthalte mich daher einer weiteren Ausführung.

Die Ausbauchprobe vermag aber auch bezüglich der Schießflamme, die beim Schusse bemerkbar wird, unter Umständen recht willkommene Fingerzeige zu geben. Diese Beobachtung führte weiter dazu, die Sprenggase unmittelbar bei dem Versuche aufzufangen und der chemischen Analyse zu unterwerfen. Der geladene Bleicylinder wurde zu diesem Zwecke unter Wasser gesetzt und über der oberen Oeffnung ein Trichter T Taf. II Fig. 6 und 7 aus starkem Eisenblech aufgehangen, so daß er durch einen oben angebrachten Hahn H, indem das Wasser nachdrang, von Luft entleert werden konnte. Bei der Explosion fing der Trichter, welcher, um nicht aufzukippen, in einer Führung ging und in seinem Hube durch einen darüber gelegten Hut M begrenzt war, die Gase auf. Diese wurden dann auf bekannte Weise vollkommen luftfrei in mit Wasser gefüllte Flaschen abgezogen und, allerdings unter Verzicht auf die Bestimmung der bei der Explosion erzeugten, für den Bergmann aber bedeutungslosen Wasserdämpfe, sowie des Stickoxyds, der Analyse unterworfen. Bei Verwendung von nur 10 g Dynamit konnten derartige Versuche bequem im Zimmer angestellt werden.

[12]) Oestr. Z. Mittheil. 1884, No. 1, und Preuſs. Z. 1883.

Es ist mir leider nicht möglich gewesen, die Versuche zu einem einigermaßen befriedigenden Abschluß zu bringen, indem einerseits die Ausbauchung der Bleicylinder unter Wasser ohne sonst nachweisbaren Grund gerade für die brisanten Sprengstoffe ziemlich ungleichmäßig ausfiel, andererseits auch die Analysenergebnisse sich nicht so gleichmäßig zeigten, als man hätte erwarten können. Von den Analysen, für deren bereitwillige Ausführung ich meinem Freunde, Herrn Dr. Hans Schulze (jetzt in Santiago de Chile) auch hier meinen Dank abstatte, will ich besonders diejenigen geben, welche durch den geringen Gehalt an Sauerstoff dafür zu bürgen scheinen, daß keine Luft mit eingedrungen, wie dies bei einer größeren Zahl von Proben offenbar der Fall war.

Tabelle I.

No.	Sprengstoff.	Zündhut-Stärke.	Gehalt des Gases an				*N*
			CO_2	CO	O	H	
1	Guhrdynamit v. Freiberg	2fach	27,8	19,4	0,3	3,3	49,2
2	„	3fach	38,9	3,2	0,2	2,6	55,1
3	„	4fach	29,5	14,3	0,8	4,7	50,7
4	Gelatinedynamit v. Hamburg	1fach	35,8	14,0	—	3,9	46,3
5	„	2fach	34,5	13,7	—	3,1	48,7
6	„	3fach	33,8	11,1	—	2,0	53,1
7	„	4fach	38,8	11,9	—	3,3	46,0
8	Kornpulver von Forchheim.	—	21,2	28,6	2,1	1,3	46,8
9	„	—	21,4	28,3	2,0	1,5	46,8

Will man aus diesen Analysen Schlüsse ziehen, so scheinen folgende Punkte bemerkenswerth:

Das Kohlenoxyd fehlt in keinem Sprenggase, ist jedoch in den Pulvergasen nach wesentlich höherem Verhältnisse vorhanden als in den Dynamitgasen. Es ist somit jedenfalls nicht gestattet, die den Gasen von Dynamit gegenüber denen von Pulver nachgesagte Giftigkeit auf das Kohlenoxyd zu schieben.

Trotzdem daß auch bei diesen Analysen kein Nitroglycerin in den Sprenggasen gefunden wurde, möchte ich aber doch hier etwas näher auf die Giftigkeit der Sprenggase von Sprengölpräparaten eingehen. Handelt es sich doch um eine Thatsache, von welcher Alle, welche praktisch mit Sprengarbeiten in geschlossenen Räumen zu thun haben, so überzeugt sind, daß es schwer halten dürfte, gegen diese Ueberzeugung anzukämpfen. In welcher Weise sich die Wirkung der Giftigkeit auf den menschlichen Organismus äußert, ist sattsam bekannt, aber gerade diese Aeußerungen (Schwindel, Erbrechen, Kopfschmerz) sind es auch, welche in Analogie mit den Symptomen anderer

Vergiftungen weiter dafür sprechen, daß thatsächlich eine solche vorliegt. Da nun aber Nitroglycerin unbestritten selbst giftig ist und überdies genau dieselben Wirkungen auf den menschlichen Organismus ausübt. so muß man sich dem Glauben fügen, daß davon bei der Explosion doch ein kleiner Theil ohne Zerlegung nur zerstäubt wird. Allerdings wird dieser Sprengstoffstaub nur ganz kurze Zeit unzersetzt bleiben, vielmehr in dieser feinsten Zertheilung rasch von selbst und ohne Explosion zerfallen, Hierin dürfte es liegen, daß der Gesteinshäuer vor Allem die warmen Gase fürchtet und daß andererseits Sprenggasanalysen, da sie nicht unmittelbar nach der Probenahme erfolgten, niemals einen Gehalt an Nitroglycerin nachzuweisen vermochten. Ich suche hierin auch den Grund dafür, daß die Analyse von mir ziemlich gleichzeitig gefaßter Sprenggasproben sehr oft nicht übereinstimmte, weil das zerstäubte Sprengöl sich den übrigen Gasen nicht gleichmäßig beimischte, so daß die ersten Entnahmen anders ausfallen konnten als die späteren. Ich werde aber zu diesem Glauben auch weiter bestimmt durch den Umstand, daß andere Nitroverbindungen, welche an und für sich nicht giftig sind, auch keine giftigen Gase geben, selbst dann nicht, wenn sie mit zu schwachen Knallhütchen entzündet werden. Ich habe dies z. B. beobachtet bei Roburit, dessen Nitroverbindung, in der Hauptsache das bittere Amidobinitrobenzol, nicht giftig ist, höchstens abführend wirkt. Es waren nämlich bei von mir vorgenommenen Versuchen einige Bohrlöcher irrthümlich mit gewöhnlichen Dynamitzündhütchen weggethan worden. Der Rauch war dick und schmeckte sehr bitter, aber er war ohne jegliche Nachwirkungen. Um so unbedenklicher kann man bei vollkommener Zündung mit Grammknallhütchen unmittelbar nach dem Schusse in den warmen Rauch gehen: man wird keine Spur von Kopfschmerz oder sonst eine Vergiftungserscheinung bemerken, obgleich man auch dann meist einen schwach bitteren Geschmack hat zum Beweise dafür, daß doch noch Spuren unzersetzten Amidobinitrobenzols in der Luft sich befinden.

Man könnte es nach dem vorhin Gesagten für wahrscheinlich halten, daß schwächere Zündhütchen weniger CO gäben als stärkere, Guhrdynamit mehr als Gelatinedynamit. Indeß fügt sich die Analyse No. 2 dieser Folgerung nicht, wie dieselbe überhaupt aus mir unbekanntem Grunde auch durch ihren hohen Sprengerfolg von den anderen Proben sich abhebt und so allerdings beweist, wie die Zusammensetzung der Sprenggase und der Sprengerfolg in innigem Connexe stehen. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß durch Anwendung noch stärkerer Zündhütchen doch günstigere und gleichmäßigere Erfolge erzielt werden dürften.

Der Gehalt an Kohlensäure wird in Folge der Absorption durch Sperrwasser etwas zu gering sein. Das vollkommene Fehlen des Sauerstoffs, wenigstens in einigen Analysen von Gelatinedynamit, weist für dieses darauf hin, daß er in Sprenggas nicht vorhanden ist. Merkwürdig ist der, bereits oben erwähnte, in allen Dynamitgasen nahezu gleichmäßig vorhandene Gehalt an Wasserstoff.

Ich glaube, die Untersuchung der Sprenggase auf diesem sich direkt an die Praxis anlehnenden Wege ist werth, mit vollkommeneren Apparaten und mit unmittelbar sich anschließender Analyse weiter verfolgt zu werden, um so mehr, als meines Wissens, bisher die zur Analyse verwendeten

Explosionsgase nicht vermittels der Detonation eines Sprenghütchens, sondern durch Zündung mittels elektrischen Funkens erzeugt wurden, und keineswegs der Beweis geliefert erscheint, daß die auf so verschiedenem Wege erhaltenen Gase die gleichen sind.

Ich komme zum dritten der genannten Apparate, dem Guttmann'schen Kraftmesser.[13]) Derselbe greift zurück auf das zuerst von den Obersten de Montluisant und de Reffye in Meudon angewendete Princip, Bleicylinder durch die Sprengkraft in einen konischen Kanal drücken zu lassen. Der Apparat (Tafel II, Fig. 1—5) besteht demgemäß aus einem röhrenförmigen Mittelstück von 35 mm lichtem Durchmesser und zwei durch Verschraubung anzufügenden Kopfstücken B_1, B_2 mit bis auf 10 mm verjüngten konischen Schlußkanälen. In das Mittelstück wird zwischen die sorgfältigst abgedichteten und durch kurze Stahlstopfen C gesicherten gezogenen Bleicylinder D der Sprengstoff im Betrage von 15 bis 25 g eingeführt und mittels Hahn und Zündhütchen abgeschossen. Die Sprenggase können nirgends entweichen und treiben daher beide Bleicylinder in die konischen Bohrungen hinein, wobei sehr brisante Pulversorten sogar eine derartige Beschleunigung des Bleies hervorbringen, daß Spitzkugeln davon abgeschleudert werden (wie z. B. bei No. VII in nachfolgender Tabelle). Zur vergleichenden Messung der Sprengkraft dient der im Apparate erzeugte Gasraum, welcher sich bestimmen läßt, aus dem noch cylindrisch gebliebenen Theile der Bleitropfen.

Herr G. Kranz in Bautzen, dessen Güte mir gestattete, den Apparat in einer übrigens von ihm verbesserten Gestalt näher kennen zu lernen, hat durch eine größere Reihe von Versuchen seine Brauchbarkeit festgestellt. Ich hatte das Vergnügen, einer Anzahl derselben beizuwohnen, deren Ergebnisse hier in Zahl und Bild vorgeführt sind.

Tabelle II.

Nummer.	Art des Sprengmaterials.	Ladung.	Länge der cylindrischen Enden.		Summa von	Raum der Pulvergase.
			A.	*B.*	$A+B.$	$=126-(A+B.)$
			mm	mm	mm	mm
I	Pulver von Forchheim, gemischtes Korn	25	33,5	33	66,5	59,5
II	Pulver von Forchheim, 1—2 mm „	25	32,0	32	64,0	62,0
III	Pulvor von Forchheim, 4—5 mm „	25	31,5	32,5	64,0	62,0
IV	Pulver von Freiberg, ursprünglich comprimirt.	25	30,5	30,0	60,5	65,5
V	Pulver von Rheinisch-Westfäl. Pulverfabriken, dergl.	25	25,0	25,0	50,0	76,0
VI	Pulver von Bautzen, feines Korn .	25	30,0	30,5	60,5	66,5
VII	$^5/_6$ Schwarzpulver ebendaher mit $^1/_6$ Bautzner Sprengstoff.	25	19,0	18,0	37,0	89,0

[13]) Dingler's Polyt. J. 1883.

Hierbei ist, abweichend von Guttmann, nämlich mit Rücksicht auf die oft unregelmäßige Gestalt der Bleipfropfen an der Spitze, als Maßstab für die Kraftwirkung nicht die Länge des erzeugten Conus, sondern, wie oben schon bemerkt, der aus dem cylindrisch gebliebenen Stücke zu berechnende Raum der Pulvergase als Maßstab der Sprengkraft zu Grunde gelegt worden. Bei dem Vergleiche kann dann unmittelbar die lineare Länge des cylindrischen Gasraumes eingeführt werden, da ja der Querschnitt derselbe bleibt; man subtrahirt also die Summe der cylindrischen Enden A + B von der constanten Länge, die incl. der Stahlplatten und Pappdeckel für den vorliegenden Apparat 126 mm beträgt.

Die Zahlen in der letzten Columne der vorliegenden Tabelle geben die Unterlage für den Vergleich.

Diese Proben stimmen sehr gut mit den Ergebnissen der Praxis überein. Abweichend davon verhält sich nur Probe No. VII, die Mischung von Pulver mit dem hochbrisanten Bautzner Sprengstoffe, welche bei Sprengversuchen durchaus nicht den gleichen hohen Erfolg hat, zum Beweise dafür, daß man auch mit dem Guttmann'schen Apparate Sprengstoffe von sehr verschiedener Brisanz nicht untereinander vergleichen darf.

Von besonderem Interesse ist es dagegen, daß grobes und feines Korn, aus derselben Lieferung abgesiebt, gleiche Wirksamkeit haben, was mit der Praxis jedenfalls besser übereinstimmt, als die große Differenz in der Stangen- und Trauzlprobe.

Der Guttmann'sche Apparat kann daher als eine willkommene Ergänzung derselben betrachtet und zu weiterer Erprobung empfohlen werden.

Man sieht aber, wie die Angaben sämmtlicher, auch der besten Apparate, welche wir zur Erprobung der Sprengmaterialien auf ihre Sprengkraft besitzen, cum grano salis zu verstehen sind und mehr oder weniger, sobald es sich um einen noch unbekannten Sprengstoff handelt, erst durch die Ergebnisse in der Praxis gedeutet werden müssen. Andrerseits sind aber die Apparate sehr wohl geeignet, auf raschem Wege richtige Fingerzeige und für genau gekennzeichnete Sprengstoffe, wie gewöhnliches Schwarzpulver, Dynamit, auch unmittelbar Antwort auf die Frage nach dem Qualitätsunterschiede zu geben.

Vergleichende Sprengversuche im Gestein können auf zwei Wegen vorgenommen werden. Der gewöhnliche, am raschesten ein gewisses Ziel erreichende, aber auch unsichere Weg läuft auf die Führung des Beweises hinaus, daß der neu zu verwendende Sprengstoff gegenüber dem alten zur Erzielung gleichen Erfolges einen gewissen geringeren Aufwand erheischt. Man vermindert daher um ebensoviel die in das nach gewohnter Weise angelegte Bohrloch einzugebende Sprengstoffmenge gegen die bisher gebrauchte und beurtheilt nach der Wirkung, ob der neue Sprengstoff weiterer Versuche würdig ist. Denn mehr wird man so nicht erfahren.

Der zweite Weg ist, wenn mit Verständniß und ohne Voreingenommenheit betreten, weit sicherer und giebt umfassendere Ergebnisse; ich meine nämlich die Methode, die Güte des Sprengstoffs nach den Kosten der in gewisser Zeit aufgefahrenen Streckenlänge oder des geförderten Haufwerks zu beurtheilen.

Allerdings verlangt diese Methode, wenn sie richtige Resultate geben soll, gleiches Gestein, gleiche Gewinnungsverhältnisse (Ortsquerschnitt, Ablosungen u. s. f.) und gleiche Handhabung. Ueber die in diesen Bedingungen liegende Schwierigkeit wird man jedoch hinwegkommen, wenn man den Durchschnitt möglichst groß wählt und bei der Auffahrung immer die gleichen Mannschaften verwendet. Handelt es sich allein darum, ohne Rücksicht auf Kosten nur in kürzester Frist eine möglichst große Erlängung oder möglichst viel Massen zu erhalten, so wird der kräftigste Sprengstoff im Allgemeinen immer der beste sein, höchstens unter den durch die Gesteinsnatur gegebenen Beschränkungen. Man wird also bei der Vergleichung die Sprengmaterialkosten einfach ignoriren und die Leistung auf die Häuerschicht zum einzigen Maßstabe der Beurtheilung wählen.

Im Allgemeinen ist jedoch dieser Fall die Ausnahme, man wird vielmehr in der Regel fragen: „Was kostet mit diesem oder mit jenem Sprengstoff der Meter Strecke, der Cubikmeter Haufwerk?“[14]) Die Antwort auf diese Frage kann man sich aus einer einfachen Formel konstruiren.

Ist nämlich

V = wirklicher Verdienst des Häuers pro Schicht,

l = Leistung pro Häuerschicht,

berechnet aus der Gesammtleistung L und der Anzahl der Häuerschichten t, also

$$l = \frac{L}{t}$$

ferner

k = Kosten pro Einheit der Leistung,

k_q = „ „ „ an Sprengstoff,

k_g = Unkosten pro „ „ Gezäh,

$$\text{so folgt } k = \frac{V \cdot t}{L} + k_q + k_g$$

$$\text{oder } k = \frac{V}{l} + k_q + k_g \quad (1).$$

Da die Unkosten für Gezäh in gleichen Gesteinen meist gleich groß und verhältnißmäßig unbedeutend sein werden, so kann der Einfachheit wegen die Größe k_g aus der Formel wegfallen und dieselbe

reducirt sich auf

$$k = \frac{V}{l} + k_q \quad . \quad (2).$$

Die Kosten k werden also steigen und fallen einfach proportional den Sprengstoffkosten, aber umgekehrt proportional der Häuerleistung.

Ist k, also das Gedinge, konstant, so wird ein finanzieller Erfolg des Sprengstoffs dem Nettoverdienste V zu gute kommen. Man kann daher aus der Größe desselben bereits den Werth des Sprengstoffes beurtheilen.

Für unsere Zwecke bietet es indeß eine viel bessere Uebersicht, das Verdienst V als konstant anzunehmen und die je nach der Häuerleistung und Sprengstoffverbrauch verschiedenen Kosten pro Meter Strecke mit einander zu vergleichen. Es sei mir gestattet, hier die im Sächs. Jahrbuche von 1881 veröffentlichten Ergebnisse zum Theil wieder zu benutzen unter dem etwas veränderten Gesichtspunkte und unter Einführung der heutigen Sprengstoffpreise, wobei Dynamit und Roburit unter Zurechnung der Zünd-

[14]) Vgl. auch Steiner, Oestr. J. 1883, No 6.

hütchen und etwaigen Unkosten pro 1 kg zu M. 2,10, Sprenggelatine zu M. 2,80, gewöhnliches, beziehentlich gepreßtes Schwarzpulver zu 70 und 90 Pf. gerechnet ist. Der Verdienst ist zum runden Satze von M. 3,0 eingestellt worden.

Tabelle III.

Nummer.	Sprengmaterial.	Strecken-querschnitt.	Häuer-schichten.	Auffahrung.	Häuer-leistung.	Sprengstoff. Aufwand pro m	Sprengstoff. Kosten pro m	Kosten in Summa pro m.
		qm.		m.	m.	kg.	ℳ	ℳ
		In festem Felsitporphyr:						
1	Guhrdynamit I . . .	5,4	168	16,0	0,095	7,72	16,21	46,7
2	„ . . .	„	120	12,1	0,101	7,70	16,17	46,2
3	Sprenggelatine . . .	„	160	18,4	0,115	5,30	14,84	40,9
4	„ . . .	„	65	8,2	0,126	5,50	15,40	39,2
		In mittelfestem Felsitporphyr:						
5	Guhrdynamit I . . .	5,4	132	16,0	0,121	6,0	12,6	37,4
6	Gelatinedynamit . . .	„	36	5,7	0,158	4,8	10,1	29,1
		In festem Sandstein:						
7	Guhrdynamit I (von Freiberg) . . .	3,2	120	15,5	0,129	4,7	9,9	33,2
8a	Gelatinedynamit I mit Sprenggelatine . .	„	135	20,2	0,150	2,10 1,44	4,4 4,0	28,4
8b	Roburit	„	64	9,0	0,140	4,33	9,1	30,5
		In mittelfestem Sandstein:						
9	Guhrdynamit	3,2	84	15,5	0,185	3,12	6,55	22,8
10	Gelatinedynamit I . .	„	72	15,8	0,219	2,53	5,31	19,0
		In Schieferthon:						
		a) unter 45° ansteigend:						
11	Guhrdynamit	3,5	48	8,0	0,167	3,2	6,72	24,7
12	Guhrdynamit mit Sprenggelatine . . .	„	66	11,0	0,167	0,45 2,73	0,95 7,64	26,6
		b) horizontal:						
13	Gelatinedynamit I Dynamit III . .	3,0	72	20,0	0,278	1,5 0,4	3,15 0,48	14,4
14	Comprimirtes Pulver .	„	148,5	39,9	0,269	2,4	2,16	13,8
		c) bei verschiedenen Streckenquerschnitten:						
15	Gelatinedynamit I . .	3,0	65,0	19,0	0,292	1,45	3,19	13,8
16	Comprimirtes Pulver Gelatinedynamit I .	5,0	143,0	29,0	0,203	2,02 0,17	2,18	16,9
		In Steinkohle:						
17	Kornpulver	2,5	84	26,1	0,311	1,06	0,74	10,4
18	do.	„	88	25,5	0,290	1,20	0,84	11,2
19	Comprimirtes Pulver .	„	89,5	29,2	0,326	1,03	0,93	10,1
20	do. .	„	147,0	47,2	0,321	0,80	0,72	10,1

In der auf vorstehender Seite enthaltenen tabellarischen Zusammenstellung sind zunächst nur die im gleichen Gesteine erhaltenen Zahlen mit einander vergleichbar.

Ich habe hier typische Beispiele zusammengestellt, bei denen eine Selbsttäuschung vollkommen ausgeschlossen war. Als bestimmtes Ergebniß kann aus denselben die zweifellose Ueberlegenheit der Sprenggelatine und des Gelatinedynamits gegen das Guhrdynamit für alle festen und mittelfesten Gesteine bezeichnet werden, die einen Gewinn von 3 bis 8 M. pro Meter gewährt. Ich habe Ursache zu glauben, daß die Ueberlegenheit der Gelatine und gelatinirten Dynamite unter gewissen Umständen eine noch größere sein kann, nachdem in Mansfeld[15]) neuerdings die Mehrleistung bei Sprenggelatine und Gelatinedynamit gegen Guhrdynamit je nach dem Gesteine zu 20 bis 60 Procent konstatirt worden ist. Es ist aber auch dort bereits bemerkt worden, daß Gelatinedynamit in gewissen Gesteinen wegen seiner geringeren Brisanz finanziell günstiger ist als Sprenggelatine. Es gilt dies jedenfalls für die geschichteten, mehr elastischen Gesteine. Ich habe in diesen auch mit Vortheil zuweilen beide Sprengstoffe combinirt verwendet, so zwar, daß die Gelatine zum Schießen des Einbruchs, das Gelatinedynamit für das Ausschießen des übrigen Querschnittes verwendet wurde. Roburit steht, wie Versuch No. 8 b erweist, hinter Gelatinedynamit zurück, trotz der in der Ausbauchprobe constatirten größeren Kraft. Es ist dies aber darauf zurückzuführen, daß dort gleiche Gewichte verglichen wurden, während bei dem Schießen das Mehrvolumen des losen Roburits, welches 40 Procent betragen dürfte, eine Concentrirung der Kraft im Bohrlochstiefsten verhindert. Es würde hierüber nur eine Comprimirung hinweghelfen, während sich der gekörnte Sprengstoff, wie wir sehen werden, gerade wegen seines großen Volumens recht gut für Sprengung in Kohlen zu eignen scheint.

Wie unökonomisch die Verwendung höchst brisanter Sprengstoffe in relativ weichen elastischen Gebirgsarten ist, bringen die Zahlen unter No. 11 und 12 klar zur Anschauung, wo Sprenggelatine gegen Guhrdynamit fast um 2 Mk. mehr Kosten pro m Strecke verursacht. Ich bin jedoch noch weiter gegangen, indem ich mir sagte, daß gerade in derartigem Gebirge Sprengstoffe von geringster Brisanz den besten finanziellen Erfolg geben würden. Die Zahlen unter 13 bis 14 stellen den Vergleich von comprimirtem Pulver mit Dynamit in Schieferthon dar, der offenbar zu Gunsten des comprimirten Pulvers ausfällt. Umgekehrt aber mußte in einem anderen Falle, wo bei etwas festerem Schieferthon der frühere Streckenquerschnitt von ca. 5 qm auf nur 3 qm beschränkt wurde, das comprimirte Pulver durch Gelatinedynamit ersetzt werden, wie dies die Zahlen 15 bis 16 erläutern.

Uebrigens ist aber bei allen diesen Versuchen in Schieferthon die Mehrleistung stets auf Seiten des Dynamites, die größere Oekonomie bei comprimirtem Pulver resultirt aus den niedrigeren Gestehungskosten des Sprengstoffs.

Hierzu kommt freilich bei Streckenauffahrung, besonders im Schieferthon, daß comprimirtes Pulver weit weniger die Streckenstöße zerschlägt. So mußte ein Querschlag, soweit nur Dynamit verwendet wurde, vollkommen in elliptische Mauerung gesetzt werden, während die mit comprimirtem Pulver

[15]) Preuſs. Z. 1884, S. 275, 1885 S. 219

getriebene Strecke nur einer geringen Firstenversicherung bedurfte, die absoluten Kosten derselben pro Längen-Einheit sich daher incl. Versicherung kaum halb so hoch stellten als jene. Ist man aber in Rücksicht auf Beschleunigung zur Anwendung von Dynamit auch in weniger festem Gestein gezwungen, so empfiehlt es sich oft, den Streckenquerschnitt beim Vortrieb geringer zu nehmen, da man nach einer gewissen Zeit ohne Mühe noch das auf gewisse Tiefe angelautete Gestein hereinnehmen kann.

Für den Streckenbetrieb in Kohle geben die Zahlen No. 17—20 das Resultat eines Vergleichs zwischen comprimirtem und gekörntem Pulver bezüglich der Erlängung. Wenn dieser bereits zu Gunsten des comprimirten Pulvers ausfällt, so hat dasselbe aber außer der Erhöhung der Leistung noch andere vortheilhafte Eigenschaften. Der geringen Rauchbildung, die es gestattet, auch bei minder guter Wetterführung das Ort bald nach dem Schuß wieder zu betreten und somit Zeit zu gewinnen, habe ich bereits gedacht. Gerade für den Kohlen- und Salzbergbau und unter Umständen wegen der nachfolgenden Aufbereitung auch für den Erzbergbau ist aber vor Allem auch der aus der geringen Brisanz hervorgehende größere Stückenfall bei seiner Benutzung oft von großem Werthe. Nach den Zauckeroder Erfahrungen betrug die Erhöhung des Stückkohlenfalles durch comprimirtes Pulver bei der Streckenauffahrung durchschnittlich 10%.

Wird, wie dies beim Kohlenbergbau üblich ist, im Abbaubetrieb für die Stücken gegenüber dem Massenklein ein Prämiengedinge gewährt, so ist die oben für Streckenbetrieb abgeleitete Formel (2)

$$k = \frac{V}{l} + k_q$$

wie folgt zu modificiren:

Es bedeute:

k_1 = Kosten pro Einheit des Massenkleins,
k_2 = „ „ „ der Stücken,
$\alpha = k_2 - k_1$ = Prämie auf letztere,
l_1 = Leistung an Massenklein, } pro Häuerschicht,
l_2 = „ „ Stücken }
p = Procentsatz der Stücken von der Gesammtleistung l.

Dann ergeben sich ohne Weiteres die folgenden Gleichungen:

$$l_1 = l\ (1-p) \qquad (3.)$$

$$V = l_1\ k_1 + l_2\ k_2.$$

$$V = l\ (1-p)\ k_1 + p\ l\ (k_1 + \alpha),$$

woraus

$$V = l k_1 + \alpha\ p\ l,$$

endlich

$$k_1 = \frac{V}{l} - \alpha\ p. \qquad (4.),$$

d. h. die Kosten pro Einheit des Massenkleins sind gleich dem Quotienten aus Verdienst und Häuerleistung, vermindert um das Produkt aus Prämie pro Einheit mal Procentsatz.

Hierzu treten noch die Kosten des Sprengmaterials kq:

$$k_1 = \frac{V}{l} - \alpha p + k_q \qquad (5.)$$

Nachdem die beim Zauckeroder Werke mehrfach versuchte Anwendung von Gelatinedynamit I im Kohlenabbau immer wieder an dem Umstande gescheitert war, daß weiche Kohle zu sehr zertrümmert und in vielen Fällen nur das Bohrloch ausgeweitet, aber kein Wurf erreicht wurde, nachdem ferner comprimirtes Pulver in Rücksicht auf die in Abbauen häufiger auftretenden Ablosungen und Klüfte wegen seiner geringen Brisanz minder allgemein anwendbar, und oft noch ein kräftigeres Sprengmaterial erwünscht war, schritt man neuerdings zu einem Versuche mit Roburit in einem Orte, wo nahezu gar kein Abbaudruck vorhanden war. Bereits bei den ersten Versuchen waren die Erfolge recht günstig, indem das Aufschneiden der 2 m mächtigen Dachkohle durch Bohrlöcher von 1,5 m Vorgabe mühelos gelang. Gerade für diesen Fall, der bei dem streichenden Pfeilerabbau des hiesigen ca. 3,5 m mächtigen Flötzes, da man schwebend abtreibt, bei jedem neuen Streifen eintritt, erwies sich die Anwendung von Roburit recht zweckmäßig. Besonders günstig war es, was bereits bei Dynamit in noch höherem Maße beobachtet worden war, wenn das Bohrloch selbst parallel zur Schichtung, folglich so gelegt werden konnte, daß die Abtragerichtung des Schusses senkrecht gegen die Schichtung lief. Senkrecht gegen die Schichtung gerichtete Bohrlöcher gaben, wenn sie in gleicher Richtung abtragen sollten, immer nur mangelhaften Erfolg, während dies bei Schwarzpulver durchweg nicht der Fall ist.

Die Erklärung dürfte in Folgendem zu suchen sein. Eine gestreckte Ladung hat bei brisanten Sprengstoffen ihre kräftigste Wirkung senkrecht zu ihrer Axe. Die einzelnen Schichten werden daher in dem einen — dem günstigeren — Falle mehr auf Zerknickung, im anderen, ungünstigeren auf rückwirkende oder Scheerfestigkeit beansprucht. Die Abtragung oder Zertrümmerung wird somit in letzterem Falle immer in den weichsten Kohlenpartien stattfinden und viel leichter die Bildung eines „Sackes" herbeiführen als in ersterem.

Nach den bereits erwähnten Versuchen von Beckerhinn verhielt sich in Analogie hierzu bei Sprengungen in Holz die Wirkung senkrecht zur Faserrichtung ebenfalls größer als parallel hierzu.

Tabelle IV.

Nummer.	Sprengstoff.	Häuerschichten.	Leistung.					Sprengstoff pro 100 hl.		Kosten pro 100 hl.	
			Stückkohlen.	Klarkohlen.	in Sa.	pro Schicht im Durchschnitt.	Stückkohlen.	Verbrauch.	Kosten.	im Durchschnitt.	Klarkohle.
			hl.	hl.	hl.	hl.	%	kg.	ℳ	ℳ	ℳ
1	Kornpulver . .	46,5	355	935	1290	27,7	27,5	0,47	0,32	11,12	9,47
2	Roburit Kornpulver } .	42,5	355	1070	1425	33,5	25,0	0,38 0,21 }	0,95	9,91	8,41

Vorstehende Zusammenstellung giebt einen Ueberblick über den finanziellen Erfolg bei der Verwendung des Roburits. Hierzu sei gesagt,

daß Pulver nebenher noch für Bohrlöcher von geringerer Vorgabe und Verspannung angewendet wurde.

Es ergiebt sich somit zwar ein unbedeutender Verlust an Stückkohlen, derselbe wird indeß, wenn man die Gedingprämie als Maßstab des Handelswerthes betrachtet, noch immer soweit ausgeglichen, daß an 100 hl ungefähr 1 Mark gewonnen werden kann.

Die betriebsmäßige Anwendung des Roburits verspricht also für die hiesige Kohle Vortheile. Es wäre zu wünschen, daß dies auch für andere Kohle nachgewiesen würde, weil das Sprengmittel wegen seiner höheren Brisanz nur kurze Schießflamme giebt und besonders aus diesem Grunde für Schlagwettergruben recht geeignet sein dürfte.

Ich komme zum Schlusse, obwohl ich das gestellte Thema keineswegs erschöpft habe. Eines glaube ich gezeigt zu haben, daß es nicht möglich ist, sämmtliche Sprengstoffe aus einem Gesichtspunkte zu beurtheilen oder gar einen derselben als Universalsprengstoff zu bezeichnen. Man sieht aber, es sind einem Betriebsführer eine Anzahl guter und bequemer Wege dargeboten, für den gegebenen Fall das vortheilhafteste Sprengmittel festzustellen. Freilich ist es bei der großen Anzahl von Sprengstoffarten, die der Verwendung sich darbieten, und von denen ich mir hier aber nur die wichtigsten vorzuführen gestattete, für den Einzelnen immerhin nicht leicht, eine bestimmte Entscheidung zu treffen. Führt doch die Concurrenz zur Erzeugung immer neuer Sprengstoffe, von denen fast jeder bei seinem Eintritte in die Welt von den ungeheuerlichsten Reclamen begleitet wird.

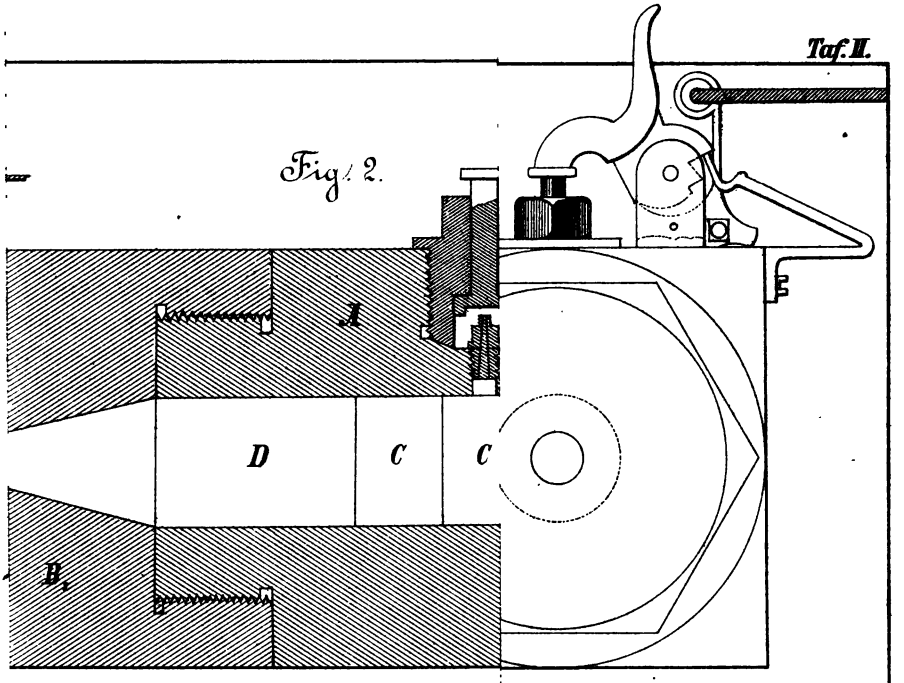
Bis zu gewissem Grade kann und muß man freilich heute der freien Concurrenz die Entscheidung überlassen, da trotz chemischer Analyse, trotz aller Meßapparate die Bestimmung der Sprengkraft noch immer auf dem Vergleich durch praktische Versuche, also mehr oder weniger auf Erfahrung beruht.

Denn eine bestimmte Maßeinheit zur Präcisirung der Größe der Sprengkraft der Brisanzstufe, geht uns noch ab, ja es steht darin die Wissenschaft der Sprengstoffe gegenüber den anderen zurück, obwohl eine solche Feststellung nicht allein theoretisches Interesse bieten, sondern auch von hervorragend praktischem Werthe sein würde. Ich brauche zum Belege dessen nicht erst zu erörtern, welche ungeheuere Bedeutung die Sprengstoffe für unser gesammtes produktives Leben, welche Bedeutung sie insbesondere für den Bergmann besitzen. Aus den riesenhaften Mengen in denen sie verwendet werden, geht aber mit Bestimmtheit hervor, welchen finanziellsn Erfolg für die Gesammtproduction eines Landes an Fossilien, für die Durchtunnelung der Gebirgsmassivs, für Schlagwettergruben die Verwendung des jeweilig richtigsten und besten Sprengstoffes haben müßte.

In Berlin ist durch die Munificenz des Geheimraths Siemens der Anstoß zur Begründung einer großen technischen Versuchsanstalt für das deutsche Reich gegeben worden. Man möchte wünschen, daß dabei auch an die Sprengstoffe gedacht würde!

Taf. II.

Fig. 2.

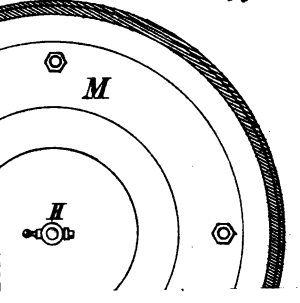


ffangen von Sprenggasproben.

mann's Kraftmesser fi

mit Gestell.

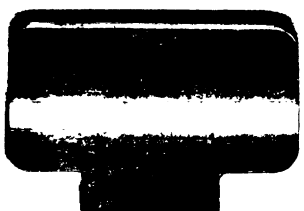
1:2 d. nat. Größe.



UNIV
Ca

OF THE
UNIVERSITY
OF

YC 18442

TP271
G3

39664